VNR_CCP: یک راهکار جدید برای کنترل ازدحام با استفاده از تکنیک مجازی‌سازی و مهاجرت سوئیچ در شبکه‌های نرم‌افزارمحور

محمدرضا جناب زاده[1]، وحید آیت‌اللهی تفتی[2,*]،محمدرضا ملاخلیلی[3] و محمدرضا ملاحسینی[4]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:

پذیرش مقاله:

واژگان کلیدی:

شبکه نرم‌افزار محور،

کنترل ازدحام،

توازن بار،

VNR،

OpenFlow.

چکیده

با جداسازی لایه داده از لایه کنترل در شبکه نرم‌افزار محور و امکان مدیریت متمرکز و قابل برنامه‌ریزی، می‌توان بسیاری از محدودیت‌ها و مشکلات رایج در شبکه‌های سنتی را مرتفع ساخته و یا بهبود بخشید. یکی از مشکلات موجود در این شبکه ها، مسئله ازدحام و کنترل آن است. در شبکه‌های نرم‌افزارمحور، استفاده از اطلاعات تحت نظارت دامنه کنترل‌کننده‌ها و جمع‌آوری آمار شبکه می تواند کمک بزرگی در کنترل یا پیشگیری از ازدحام نمایند. یک گره سوئیچ شبکه‌های نرم‌افزارمحور هنگامی‌که تحت درخواست‌های زیادی قرار می‌گیرد، شبکه را دچار ازدحام کرده و برای حل این مشکل کنترل‌کننده می‌تواند با در نظر گرفتن منابع آزاد موجود در سوئیچ‌ها و لینک‌ها، از مجازی‌سازی شبکه و مهاجرت سوئیچ‌ها به این فضا استفاده کند. در این مقاله یک رویکرد شبکه مبتنی بر نرم‌افزار برای کنترل ازدحام و مدیریت بهینه منابع بنام VNR_CCP ارائه‌شده است. در این رویکرد، با محاسبه سودهی گره‌ها و لینک‌ها برای جستجوی ازدحام و درخواست شبکه مجازی برای کاهش بار موجود و مدیریت منابع، سعی در کنترل ازدحام شده است. نتایج شبیه‌سازی که با استفاده از شبیه‌ساز NS2 به دست آمده نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با روش مشابه کارایی بهتری دارد. به طوری‌که میزان گذردهی در حدود ۴/۳ درصد افزایش، تأخیر در حدود ۵/۳ درصد کاهش و میانگین هزینه نیز ۲۶ درصد کاهش نسبت به روش مشابه داشته است.

۱-مقدمه

دنیای امروز شاهد پیشرفت لحظه‌ای و تصاعدی تکنولوژی، به‌ویژه درزمینه‌ی ارتباطات و انتقال اطلاعات می‌باشد. اینترنت اشیاء، شهر هوشمند و فضای مجازی اصطلاحاتی هستند و کمتر کسی در دنیای امروز می‌توان یافت که با آن‌ها آشنایی نداشته باشد. انتقال امن و سریع این حجم روزافزون اطلاعات نیاز به یک زیرساخت ارتباطی پایدار و مطمئن را بیش‌ازپیش مشخص می‌سازد که درنتیجه نحوه مدیریت و کنترل این زیرساخت و کنترل و برخورد مناسب با چالش‌های موجود در آن، یکی از زمینه‌های موردتوجه توسعه‌دهندگان و محققین این امر می‌باشد.

شبکه‌های سنتی به‌عنوان زیرساخت انتقال اطلاعات، شامل پروتکل‌ها و قوانین پیچیده‌ای هستند که مهندسان شبکه علاوه بر تسلط بر پروتکل‌ها و قوانین باید با مدیریت تجهیزات برندهای خاص مورداستفاده در شبکه خود نیز آشنایی کامل داشته باشند. با توجه به نکات ذکرشده و

[2]* پست الکترونیک نویسنده مسئول: vahid.ayat@iau.ac.ir

[1] دانشجوی گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، میبد، ایران

[2] استادیار گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تفت، تفت، ایران

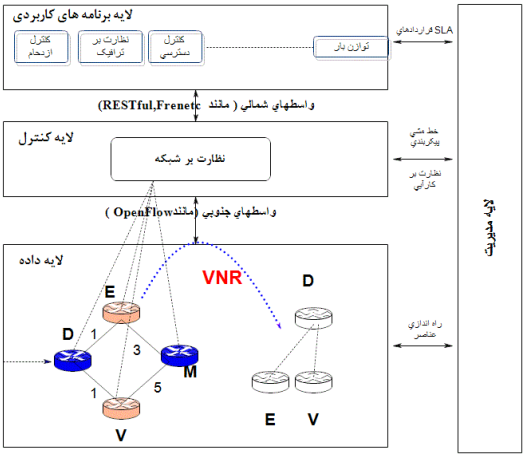
[3] استادیار گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، میبد، ایران

[4] استادیار گروه کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد میبد، میبد، ایران

UNCORRECTED PROOF

پیچیدگی و پیشرفت و توسعه روزافزون برنامه‌های کاربردی در سطح اینترنت و شبکه، دیگر شبکه‌های سنتی قادر به پاسخگویی مناسب به چالش‌های پیش رو نمی‌باشند.

به همین منظور ایده شبکه‌های نرم‌افزارمحور[1] به‌عنوان پدیده‌ای نوظهور در حوزه شبکه‌های مخابراتی و کامپیوتری باهدف رفع مشکلاتی نظیر مدیریت دشوار و پیچیده در شبکه‌های سنتی مبتنی بر پروتکل IP که شبکه رایج در ارتباطات امروزی است مطرح گردید[۱]. شبکه‌های نرم‌افزارمحور با تفکیک لایه داده از لایه کنترل و ارائه یک دید عمومی از شبکه به کنترل‌کننده در لایه کنترل بسیاری از محدودیت‌ها و مشکلات شبکه‌های سنتی را مرتفع می‌سازد [۲]. دید عمومی کنترل‌کننده از شبکه کمک شایانی است به مدیران تا با دریافت آمار از وضعیت تجهیزات شبکه تحت مدیریت خود و استفاده از راهکارها و برنامه‌های از پیش تعیین‌شده به رفع چالش‌هایی چون ترافیک و ازدحام و عدم توازن بار بپردازند.



شکل ۱ : معماری پیشنهادی شبکه‌های نرم‌افزارمحور

به دلیل این ویژگی‌های شبکه‌های نرم‌افزارمحور شرکت‌هایی مانند Cisco، Juniper و Nokia ازجمله شرکت‌هایی هستند که با سازگار کردن تولیدات خود با پروتکل‌های ارتباطی مانند OpenFlow به حوزه شبکه‌های نرم‌افزارمحور ورود پیداکرده و از مزایای آن جهت پیشبرد اهداف خود استفاده می‌نمایند. و یا شرکتی مانند گوگل برای زیرساخت شبکه انتقال اطلاعات دیتاسنترهای خود از راهکار شبکه‌های نرم‌افزارمحور بهره برده است.

شبکه‌های نرم‌افزار محور نیز مانند شبکه‌های سنتی دارای چالش‌هایی است که می‌توان به کارایی، مقیاس‌پذیری، امنیت و قابلیت اطمینان اشاره نمود. قابلیت برنامه‌ریزی و انعطاف‌پذیری در پردازش بسته‌های جریان، از مباحث مطروحه در بخش کارایی است و در مبحث مقیاس‌پذیری به سه موضوع تأخیر در تبادل اطلاعات، چگونگی ارتباط یک کنترل‌کننده با دیگر کنترل‌کنندهها و درنهایت اندازه و عملکرد کنترل‌کنندهها بیشتر توجه می‌شود. در حوزه امنیت به خطرات امنیتی که بیشتر ناشی از فقدان یکپارچگی با فنّاوری‌های امنیتی موجود است پرداخته می‌شود. اما به قابلیت اطمینان می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین چالش نگاه کرد که در آن مسئله توازن‌بار، ازدحام، محل قرارگیری کنترل‌کننده‌ها و بالاخره مهندسی ترافیک در کنترل‌کننده‌ها، اهمیت بسیاری دارد.

مهندسی ترافیک[2] یکی از ویژگی‌های مهم در بحث مدیریت شبکه است که همواره موردتوجه مدیران و محققان این بخش بوده و با سیر تکاملی شبکه زمینه‌های تحقیقاتی جدیدی برای آن ایجادشده است[۳]

مهندسی ترافیک در شبکه‌های نرم‌افزارمحور با توجه به قابلیت مدیریت و برنامه‌نویسی کنترل‌کننده، در لایه کنترل شبکه نرم‌افزارمحور اجرا می‌شود. هدف مهندسی ترافیک کمک به ارائه‌دهندگان خدمات اینترنت[3] برای بهبود عملکرد شبکه و کنترل ترافیک و ازدحام در آن است[۴]. همان‌طور که در شکل (۲) نمایش داده‌شده به‌طورکلی می‌توان تکنیک‌های مدیریت ترافیک شبکه‌های نرم‌افزارمحور را در چهار دسته مجزا شامل مسیریابی، تعادل بار ، کنترل ازدحام و کنترل جریان موردبررسی قرارداد [۵]. به‌کارگیری راه‌حل‌های سنتی مهندسی ترافیک در شبکه‌های نرم‌افزارمحور که معمولاً با جمع‌آوری آمار شبکه، آنالیز آمارها و پیش‌بینی یا تشخیص ترافیک و سپس ارائه راهکارهایی مانند تغییر مسیرهای جریان‌ها سعی در دستیابی به عملکرد مطلوب و کاهش ازدحام رادارند گرچه به‌طور موقت ممکن است عملکرد جریان‌ها را تحت تأثیر قرار دهند ولی در عمل می‌توانند بار زیادی بر کنترل‌کننده

[1] Software Defined Network (SDN)
[2] Traffic Engineering (TE)
[3] Internet Service Provider (ISP)

UNCORRECTED PROOF

شبکه نرم‌افزارمحور برای محاسبه مسیرهای جدید متحمل شوند. ازآنجاکه تغییر مسیرهای زیاد برای کاهش ازدحام می‌تواند اثرات منفی بر کیفیت سرویس داشته باشد، اپراتورهای شبکه تمایلی به استفاده از راهکارهای سنتی مهندسی ترافیک در شبکه‌های خود ندارند. بنابراین باید با طراحی راه‌حل‌های جدید با توجه به توانمندی‌های شبکه‌های نرم‌افزارمحور نسبت به بهبود عملکرد شبکه اقدام نمود.

شکل ۲: سیر تکاملی تکنیک‌های مدیریت ترافیک از گذشته تا شبکه‌های نرم‌افزارمحور

با توجه به چالش‌های فوق در روش پیشنهادی VNR_CCP[1] با در نظر گرفتن منابع آزاد موجود در سوئیچ‌ها و لینک‌ها و با محاسبه سوددهی آن‌ها برای جستجوی ازدحام و درخواست شبکه مجازی[2] برای کاهش بار موجود و مدیریت منابع، از مجازی‌سازی شبکه و مهاجرت دادن سوئیچ‌ها به این فضا استفاده کرده و سعی در کنترل ازدحام شده است.

هدف اصلی در این مقاله ارائه یک راهکار برای کاهش و رفع ازدحام در شبکه‌های نرم‌افزارمحور است. ازدحام، یک وضعیت شبکه است که در آن میزان نیاز منابع مانند بافر، بیش از ظرفیت موجود باشد و این امر منجر به از دست رفتن بسته‌ها و درنتیجه ارسال مجدد بسته‌ها می‌شود[۶]. وقتی‌که ازدحام در یک شبکه کامپیوتری وجود داشته باشد، هم‌زمان افزایش تأخیر در صف، افزایش از دست دادن و گم‌شدن بسته‌ها و افزایش ارسال مجدد بسته‌ها رخ خواهد داد. کنترل ازدحام به تکنیک‌هایی گفته می‌شود که به‌وسیله آن‌ها می‌توان قبل از وقوع ازدحام از آن پیشگیری کرد و یا پس از وقوع ازدحام، آن را از بین برد و شبکه را به حالت قبل از آن برگرداند[۷]و[۸].

به‌طورکلی در شبکه‌های نرم‌افزار محور برای جلوگیری از ازدحام دو مرحله را باید اجرا نمود:

- بررسی مداوم شبکه به‌منظور آگاهی از وضعیت تجهیزات موجود در شبکه.
- اجرای الگوریتم‌های مربوطه برای پیشگیری از ازدحام و یا بازگرداندن شبکه به حالت نرمال پس از وقوع ازدحام.

به‌منظور بررسی وضعیت شبکه، کنترل‌کننده در طی بازه‌های زمانی مشخص آمار همه درگاه‌ها را از سوئیچ درخواست می‌کند. سوئیچ‌ها پس از دریافت هر درخواست، آمار بایت عبوری از تک‌تک درگاه‌های خود را به کنترل‌کننده می‌فرستند. سپس کنترل‌کننده مقدار دریافتی را از مقدار قبلی کم کرده و بر بازه زمانی مشخصی که طی آن درخواست‌ها به‌صورت دوره‌ای ارسال می‌شوند، تقسیم می‌کند تا بدین‌صورت نرخ ترافیک هر لینک محاسبه گردد. حال اگر کارایی یکی از درگاه‌های سوئیچ بیشتر از حد آستانه مشخص‌شده بود، نیاز است تا سیاست‌های مربوطه برای جلوگیری از ازدحام به کار گرفته شود. منظور از حد آستانه مشخص‌شده، این است که عملکرد و کارایی سوئیچ‌ها اگر از یک حد مشخص‌شده بالاتر رود، کاهش می‌یابد و بازدهی شبکه در کل کاهش‌یافته و تأخیر در شبکه افزایش می‌یابد[۹].

در کار پیش رو با محاسبه میزان سوددهی[3] و بررسی میزان مصرف منابع شبکه، مسیر دارای ازدحام را تشخیص داده و سپس با ارسال درخواست برای شبکه مجازی و به‌کارگیری الگوریتم پیشنهادی VNR_CCP ، با استفاده از مجازی‌سازی و مهاجرت سوئیچ‌های منتخب به این فضا ازدحام را کنترل و شبکه را به حالت متوازن بازمی‌گرداند. یک محیط مجازی‌سازی شبکه متشکل از منابع مشترک و درخواست شبکه مجازی است. مجموعه‌ای از پیوندها، گره‌ها و درخواست‌ها، شبکه مجازی را تشکیل می‌دهند. هر گره شبکه مجازی به یک مقدار ثابت از منابع گره‌ای (به‌عنوان‌مثال ، منابع ذخیره‌سازی ، CPU و حافظه) برای اجرای خدمات و برنامه‌های محاسباتی پیشرفته نیاز دارد و

[1] Virtual Network Request_Congestion Control Profit
[2] Virtual Network Request (VNR)
[3] Profit

UNCORRECT PDF

هر لینک شبکه مجازی که دو گره را به هم متصل می‌کند ، به پهنای باند ارتباطی زیادی نیاز دارد تا داده‌ها و اطلاعات را بین گره‌های شبکه مجازی متصل تبادل کند[۱۰] از نوآوری‌های این مقاله در مقایسه با سایر کارهای انجام‌شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- استفاده از روش مجازی‌سازی و مهاجرت سوئیچ‌ها در شبکه نرم‌افزارمحور باهدف بهینه کردن مهندسی ترافیک
- درنظرگرفتن مجازی‌سازی در شبکه نرم‌افزارمحور با برقراری بار کاری در شبکه
- استفاده از متد سوددهی و در نظر گرفتن مقدار بهینه لینک، نود و نگاشت مربوط به شبکه مجازی مناسب باهدف بهینه کردن مهندسی ترافیک

ساختار این مقاله به این صورت است که در مقدمه به تعاریف و تاریخچه شبکه‌های مبتنی بر نرم‌افزار و بیان مسئله پرداخته شد. در قسمت دوم به پیشینه نظری و بررسی کارهای مرتبطی که درزمینه‌ی توازن بار و ازدحام انجام‌شده، پرداخته شده است. بخش سوم جزئیات روش و الگوریتم پیشنهادی (VNR_CCP) را در برمی‌گیرد. بخش چهارم به پیاده‌سازی روش پیشنهادی و ارزیابی آن در مقایسه با روش‌های دیگر پرداخته خواهد شد و درنهایت بخش پنجم به نتیجه‌گیری اختصاص خواهد داشت.

۲-کارهای مرتبط

با گسترش شبکه نرم‌افزار محور، انجام کارهای تحقیقاتی بر روی چالش‌های موجود به یکی از علاقه‌مندی‌های محققان علوم کامپیوتر در سال‌های اخیر تبدیل‌شده است. یکی از مواردی که هم در شبکه‌های سنتی و هم در شبکه‌های نرم‌افزار محور ازجمله چالش‌های اصلی می‌باشد. مسئله پیشگیری از ازدحام و یا کنترل آن است. ازآنجاکه مباحثی نظیر توازن بار، کیفیت سرویس و مهندسی ترافیک نیز ازجمله مواردی هستند که می‌توانند در پیشگیری و کنترل ازدحام مؤثر باشند، در بررسی کارهای انجام‌شده، از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه‌ها نیز استفاده‌شده است که در ادامه به بررسی برخی از این تحقیقات خواهیم پرداخت. سانگ و همکاران [۱۱] با اندازه‌گیری مصرف سوئیچ‌ها و قراردادن آستانه برای آن الگوریتمی ارائه کرده‌اند که در صورت عبور مصرف سوئیچ از این آستانه، کنترل‌کننده مسیر جدیدی را بدون استفاده از این سوئیچ تنظیم می‌کند. در [۱۲] ژو و همکاران یک راه‌حل چندپخشی قابل‌اعتماد ، کارآمد ، آگاه از ازدحام و قوی (MCTCP) را معرفی کرده‌اند. MCTCP می‌تواند پیوندهای متراکم و خراب را به‌صورت پویا دور زده و به کارایی و استحکام بالایی دست یابد. هو و همکاران [۱۳] با ارائه یک الگوریتم کنترل ازدحام SDCC در کنترل‌کننده اطلاعات درگاه هر سوئیچ را برای نظارت بر پیوندهای متراکم به دست می‌آورد. اگر ازدحام شبکه وجود داشته باشد ، مکانیسم کنترل ازدحام شروع می‌شود ، سپس یک یا چند جریان داده مناسب انتخاب می‌شوند و کوتاه‌ترین مسیر برای کنترل ازدحام محاسبه می‌شود. این فرایند امکان استفاده کارآمد از منابع پهنای باند شبکه را فراهم می‌کند و استفاده از لینک را افزایش می‌دهد. با بیان اینکه یکی از مهم‌ترین مشکلات ازدحام در ترافیک شبکه کاهش کیفیت خدمات[1] است. رحمان و همکاران [۱۴] به آنالیز کارایی مکانیزمهای کنترل ازدحام پرداخته و با اجرای الگوریتم LLDP نشان داده که پروتکل LLDP با کاهش موفقیت در برخورد بین بسته‌ها در شبکه ، عملکرد را بهبود می‌بخشد و بنابراین از بروز ازدحام جلوگیری می‌کند. پیاده‌سازی پروتکل LLDP در توپولوژی شبکه‌های نرم‌افزارمحور واقعاً درصد PDR (نسبت تحویل بسته) را افزایش می‌دهد و باعث افزایش توان عملیاتی خواهد شد. همچنین وانگ و همکاران [۱۵] با بیان مشکل سوئیچ‌های باقابلیت DCB که در آن‌ها هیچ صف جریانی پشتیبانی نمی‌شود، برنامه‌های کنترل ازدحام مبتنی بر نرخ و مبتنی بر اعتبار شبکه‌های نرم‌افزارمحور را برای غلبه بر این مشکل DCB طراحی کرده‌اند. در طرح مبتنی بر نرخ هر میزبان نهایی باید از نرخ انتقال اختصاص داده‌شده از کنترل‌کننده برای ارسال بسته‌ها استفاده کند و در طرح مبتنی بر اعتبار، پیش از ارسال داده‌ها ، میزبان‌های نهایی باید اعتباراتی را از کنترل‌کننده دریافت کنند. با این طرح نشان داده‌اند که هیچ بسته‌ای به دلیل سرریز بافر از بین نخواهد رفت. در طرح کنترل ازدحام پیشنهادی شن و همکاران [۱۶] تخصیص ترافیک ابتدا به یک مسئله چندتکه‌ای تبدیل‌شده و سپس از الگوریتم ازدحام ماهی مصنوعی (AFSA) برای

[1] Quality of Service (QoS)

UNCORRECTED PROOF

حل این مشکل استفاده می‌شود. تاجیکی و همکاران [۱۷] با ارائه روش فرا ابتکاری به نام CECT برخی مسیرهای عملی را برای هر جریان از قبل محاسبه می‌کنند و به هر جریان یک مسیر تصادفی اختصاص می‌دهند. به‌این‌ترتیب ، مجموعه‌ای از راه‌حل‌های مختلف ساخته می‌شود و هر راه‌حل بر اساس محدودیت‌های ذکرشده در بخش قبلی رتبه‌بندی می‌شود. سپس ، CECT با استفاده از الگوریتم چرخ رولت برخی از راه‌حل‌ها را به‌عنوان اجداد نسل بعدی انتخاب می‌کند. جمعیت جدید با استفاده از کراس‌اوور یکنواخت و جهش چندنقطه‌ای بر روی این اجداد ایجاد می‌شود. این فرایند برای هر نسل اعمال می‌شود تا زمانی که راه‌حلی برای نقض هیچ محدودیتی پیدا شود یا آستانه از پیش تعیین‌شده تعداد تکرارها برآورده شود. در مقایسه با روش ECMP که به‌عنوان مقایسه در نظر گرفته‌شده CECT باعث می‌شود توان عملیاتی شبکه تا ۳ برابر بهبود یابد درحالی‌که افت بسته تا ۲ برابر کاهش می‌یابد. یک الگوریتم کنترل ازدحام هوشمند با پشتیبانی از معماری شبکه‌های نرم‌افزارمحور توسط ژائو و همکاران در [۱۸] معرفی‌شده است. این روش با استفاده از وضعیت بارگذاری پیوند جریان شبکه ، از منطق فازی برای ارزیابی کیفیت ازدحام فوری مسیرهای پشتیبان استفاده می‌کند. علاوه بر این ، از الگوریتم تغییر مسیر مبتنی بر یادگیری تقویتی برای ارزیابی بازده احتمالی آینده تصمیم‌گیری در مورد تغییر مسیر و انتخاب مسیر بهینه حمل‌ونقل استفاده می‌شود که نیاز بار ترافیکی برای انتقال جریان را برآورده می‌کند. لی و همکاران [۱۹] در مقاله خود یک مدل کنترل ازدحام بر اساس یادگیری تقویتی عمیق (DRL) چندوظیفه‌ای پیشنهاد کرده‌اند. این مدل سیاست کنترل ازدحام و سیاست توازن بار را به‌طور مشترک یاد می‌گیرد و آنچه برای توازن بار یاد گرفته می‌شود می‌تواند به یادگیری بهتر استراتژی کنترل ازدحام کمک کند.

جدول ۱: مقایسه برخی از مطالعات و تحقیقات قبلی

نویسنده	پروتکل پیشنهادی	منطقه موردبررسی	محیط شبیه‌سازی و ارزیابی	نتایج
سانگ و همکاران [11]	ارائه الگوریتم مسیریابی با آمارگیری از سوئیچ‌ها و ایجاد یک مسیر جدید با حذف سوئیچ شلوغ	IOT Switch	Wireshark Mininet ONOS	بهبود تأخیر و توان عملیاتی
ژو و همکاران [12]	MCTCP یک راه‌حل چندپخشی قابل‌اعتماد ، کارآمد ، آگاه از ازدحام و قوی	Data Center Link	Mininet RYU	بهبود توان عملیاتی
هو و همکاران [13]	SDCCالگوریتم کنترل ازدحام	IP Network Switch	Mininet POX	کاهش تلفات بسته و استفاده بهینه از لینک
رحمان و همکاران [14]	LLDP پروتکل کشف لایه لینک	Switch	Mininet OpenDaylight	افزایش توان عملیاتی و افزایش درصد نسبت تحویل بسته
یوآن و همکاران [15]	برنامه‌های کنترل ازدحام مبتنی بر نرخ و مبتنی بر اعتبار	SAN Switch	Mininet Floodlight	کاهش تلفات بسته‌ها
شن و همکاران [16]	یک طرح هدایت ترکیبی مسیریابی و همچنین یک الگوریتم کنترل ازدحام	Wan	VS2020 C/C++	کاهش احتمال وقوع ازدحام و افزایش توان عملیاتی شبکه
تاجیکی و همکاران [17]	CECT	Cloud Data Center	Mininet POX Wireshark	افزایش توان عملیاتی شبکه و کاهش از بین رفتن بسته‌ها
ژاو و همکاران [18]	الگوریتم کنترل ازدحام هوشمند با SDN پشتیبانی از معماری	Link	Mininet Floodlight	در کاهش ازدحام شبکه و افزایش توان عملیاتی شبکه
لی و همکاران [19]	DRL یک مدل کنترل ازدحام بر اساس چندوظیفه‌ای	Link Switch	Mininet	کاهش RTT و بهبود کنترل ازدحام

UNCORRECTED PROOF

چن و همکاران [۲۰] با استفاده از تکنیک فعال‌سازی توازن بار آگاه از ترافیک (TALB) برای شبکه‌های ماشین به ماشین (M2M) با بهره‌گیری از ویژگی‌های شناسایی فوری ترافیک و تغییر مسیر پویا در شبکه‌های نرم‌افزارمحور تا ۵۰ درصد زمان پاسخ را کاهش داده‌اند و چیانگ و همکاران [۲۱] استراتژی انتخاب تصادفی وزن‌دار (DWRS) را پیشنهاد می‌کنند. DWRS بارهای بی‌درنگ سرورها را جمع‌آوری می‌کند و وزن سرورها را به‌صورت پویا به‌روز می‌کند. سرور با بیشترین وزن بیشترین امکان انتخاب به‌عنوان سرور هدف را دارد ، اما سایر سرورها هنوز فرصت سرویس‌دهی به درخواست‌ها رادارند. این از عدم توازن بار ناشی از تنظیمات نامناسب وزن جلوگیری می‌کند.

ژانگ و همکاران [۲۲] نیز یک طرح مبتنی بر یادگیری تقویتی (CFR-RL) را تشریح می‌کنند که سیاستی را برای انتخاب جریان‌های مهم برای هر ماتریس ترافیک داده‌شده به‌طور خودکار می‌آموزد. سپس CFR-RL با تنظیم و حل یک مسئله ساده برنامه‌نویسی خطی (LP)، این جریان‌های حیاتی منتخب را تغییر مسیر می‌دهد تا استفاده از پیوند شبکه را متعادل کند. ارزیابی‌های گسترده نشان می‌دهد که CFR-RL با تغییر مسیر تنها ۱۰٪ تا ۲۱.۳٪ از کل ترافیک ، عملکرد تقریباً بهینه را به دست می‌آورد. سود و همکاران در [۲۳] یک الگوریتم زمان‌بندی ترافیک جدید را برای جلوگیری از ازدحام در صفحه کنترل پیشنهاد می‌کنند. بسته‌های دریافت‌شده از دستگاه‌های مختلف با استفاده از طبقه‌بندی‌کننده شبکه‌های عصبی دوگانه (DSNN) و پیاده‌سازی آن بر روی یک تابع شبکه مجازی[1] به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند و معیارهای مختلفی را برای ارزیابی اثربخشی طبقه‌بندی‌کننده پیشنهادی اتخاذ کرده است.

در [۲۴] باردواج و همکاران به بررسی ترافیک شبکه در مقام مقایسه شبکه سنتی و شبکه نرم‌افزارمحور پرداخته و با استفاده از تجزیه و تحلیل ترافیک بلادرنگ در شبکه نرم‌افزار محور، مسیرهای مسیریابی را به صورت پویا تنظیم نموده اند.

داسیلوا و همکاران در [۲۵] با آزمایش برروی داده‌های یک مرکز داده به مقایسه الگوریتم‌های کنترل تراکم شبکه سنتی و شبکه نرم‌افزارمحور پرداخته و کارآیی مکانیسم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده مبتنی بر شبکه نرم‌افزارمحور را نسبت به الگوریتم‌های کنترل ازدحام سنتی در شناسایی رویدادهای ازدحام نشان داده است.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود تقریباً در تمامی مطالعات قبلی انجام‌شده به‌وسیله الگوریتم‌های متفاوت مسیریابی سعی شده تا قبل و یا هنگام وقوع ازدحام، با تغییر مسیر و ایجاد یک مسیر جدید از وقوع ازدحام جلوگیری و یا آن را کنترل نمایند و هیچ‌یک از آن‌ها سعی در استفاده بهینه از منابع و ایجاد یک شبکه مجازی با استفاده از منابع آزاد موجود جهت حل این مشکل ننموده‌اند.

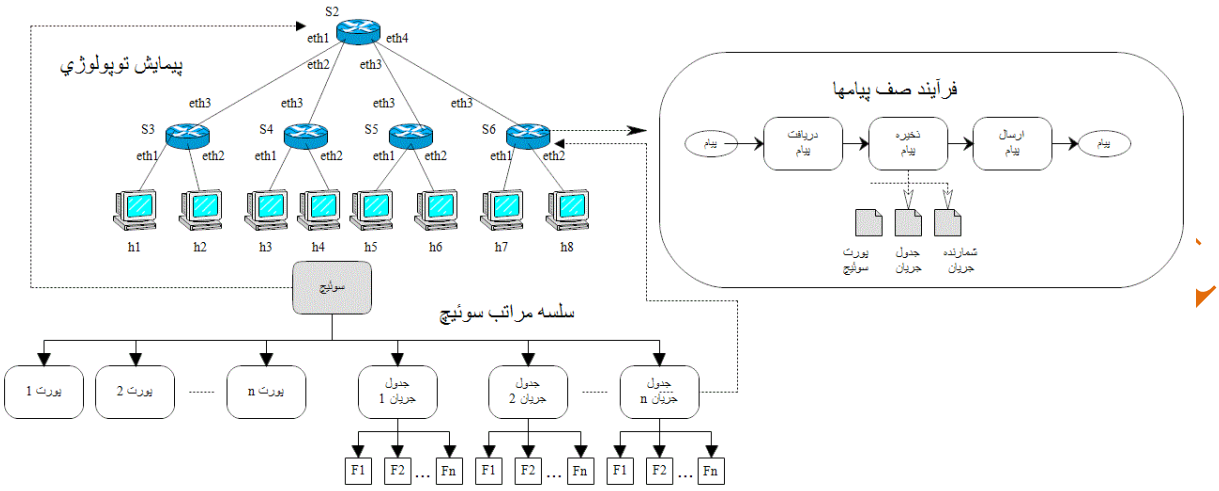
۳-روش پیشنهادی

یک گره سوئیچ شبکه نرم‌افزارمحور هنگامی‌که تحت درخواست‌های زیادی قرار می‌گیرد، دچار ازدحام شده و درصورتی‌که بخواهیم شبکه را به یک شرایط مطلوب برسانیم باید از راهکارهایی برای کاهش بار اضافی استفاده کنیم. در شبکه‌های نرم‌افزارمحور با توجه به جداسازی لایه کنترل از لایه داده می‌توان با اعمال سیاست‌های دلخواه در کنترل‌کننده که به کمک آمارهای لحظه‌ای شمارنده‌های موجود می‌تواند به‌طور مداوم رفتار شبکه تحت نظارت خود را کنترل کند، شبکه را به سمت برقراری حالت مطلوب هدایت نمود. مدیران شبکه اقدامات پیشگیرانه‌ای را برای حل‌وفصل انجام می‌دهند[۲۱]. طراحی و اجرای یک راه‌حل نظارت بر ترافیک (تراکم، شلوغی) در زمان واقعی به دلیل نیاز به پردازش زیاد با چالش‌های زیادی روبرو است. جمع‌آوری داده‌ها جهت پایش شبکه در زمان واقعی برای پیوندها ، سوئیچ‌ها و مسیرها با تأخیر مواجه است. راه‌حل‌هایی که نمی‌توانند محدودیت‌های زمان واقعی را برآورده کنند. فرآیند تجمیع با ذخیره‌سازی داده‌ها به‌صورت فرایخشی جریانی شروع می‌شود (شکل۳). در [۲۶] از روش سلسه‌مراتبی برای سوئیچ‌های موجود در شبکه که داده‌های برخط حجیم را پایش می‌کنند استفاده‌شده است. داده‌های موجود برای ارسال ابتدا در محلی ذخیره می‌شوند و سپس عمل ارسال انجام می‌شود. همان‌طور که اشاره شد راهکارهای متفاوتی برای کنترل و یا اجتناب از ازدحام پیشنهاد و ارائه‌شده است ولی هیچ‌یک از آن‌ها از روش مجازی‌سازی و مهاجرت سوئیچ استفاده نکرده‌اند. البته لازم

[1] Virtual Network Function (VNF)

UNCORRECTED PROOF

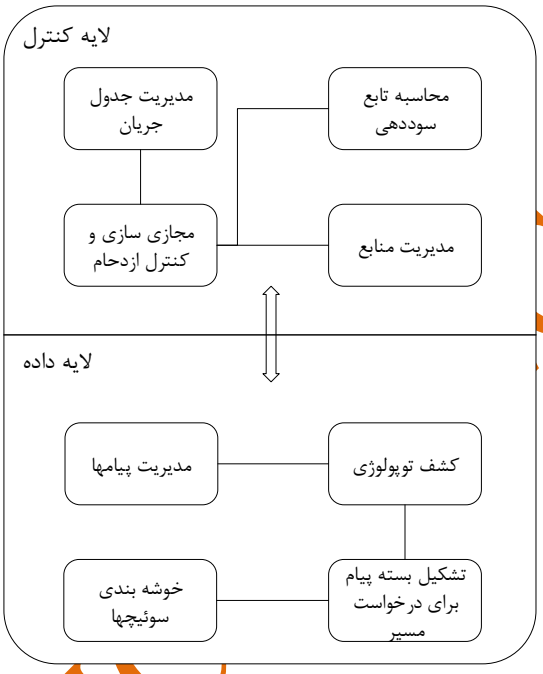
به ذکر است برخی تحقیقات درزمینه‌ی مجازی‌سازی به‌عنوان‌مثال برای مدیریت منابع صورت گرفته است [۲۷].



شکل ۳: عمل ارسال بسته به همراه ذخیره‌سازی اطلاعات در شبکه‌های نرم‌افزارمحور.

۳-۱- شمای کلی از روش پیشنهادی (VNR-CCP)

یک گره سوئیچ شبکه نرم‌افزارمحور هنگامی‌که تحت درخواست‌های زیادی به‌صورت VNR قرار می‌گیرد، (درخواست شبکه مجازی) توازن بار روی آن دچار اختلال شده و درصورتی‌که بخواهد به شرایط مطلوب بپیوندد می‌تواند از مجازی‌سازی و مهاجرت استفاده کند. بنابراین یک بسته درخواست مسیر را می‌سازد. بسته درخواست مسیر با استفاده از فراپخشی صورت می‌پذیرد (به گره‌های همسایه). با استفاده از جدول داده اطلاعات فراپخش‌شده هر گره در جدول به‌روزرسانی گره‌های دیگر قرارگرفته می‌شود. سپس به بررسی محاسبه سوددهی برای جستجوی ازدحام و در مرحله بعد از روش وزن دهی مناسب برای بهینه شدن کیفیت سرویس استفاده می‌شود(شکل۴).



شکل ۴ : چارچوب روش پیشنهادی (VNR-CCP)

۳-۲- نظریه کنترل ازدحام و سوددهی

نظریه کنترل ازدحام برای توصیف چگونگی تعامل لینک‌ها در سطح شبکه استفاده می‌شود. در رابطه زیر تخصیص بهینه ارائه‌شده است. x_i میزان جریان باشد i و C_l ظرفیت پیوند l ، و r_{l_i} برای جریان ۱ در نظر گرفته می‌شود. i از پیوند لینک استفاده می‌کند و در صورت نبود لینک ۰ در نظر گرفته می‌شود. x, c, i ماتریس‌های مربوطه می‌باشند و $U(x)$ یک عملکرد افزایش‌یافته است که میزان انتقال سود به شبکه را با ارسال داده‌ها اندازه‌گیری می‌کند.

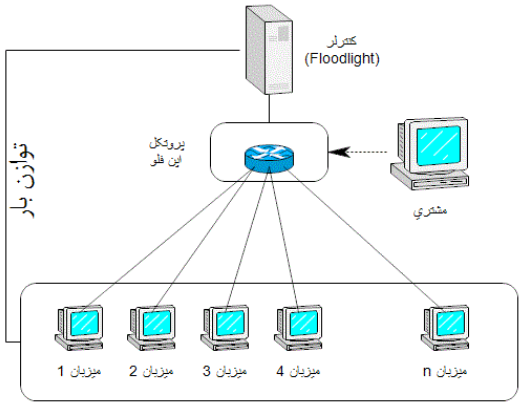
$$profit = \max_x \sum_i Ux_i \quad R_x \le c \quad (1)$$

با محاسبه (مینیمم تابع با در نظر داشتن به محدودیت مسئله) به‌طوری‌که هر جریان داده‌های خود را، تنها در یک سوئیچ ارائه کرده باشد ظرفیت لینک بررسی می‌شود. هر ظرفیت پیوند محدودیتی ایجاد می‌کند ، که باعث ایجاد یک ضریب لاگرانژ می‌شود ، P_l مجموع این ضرایب می‌باشد.

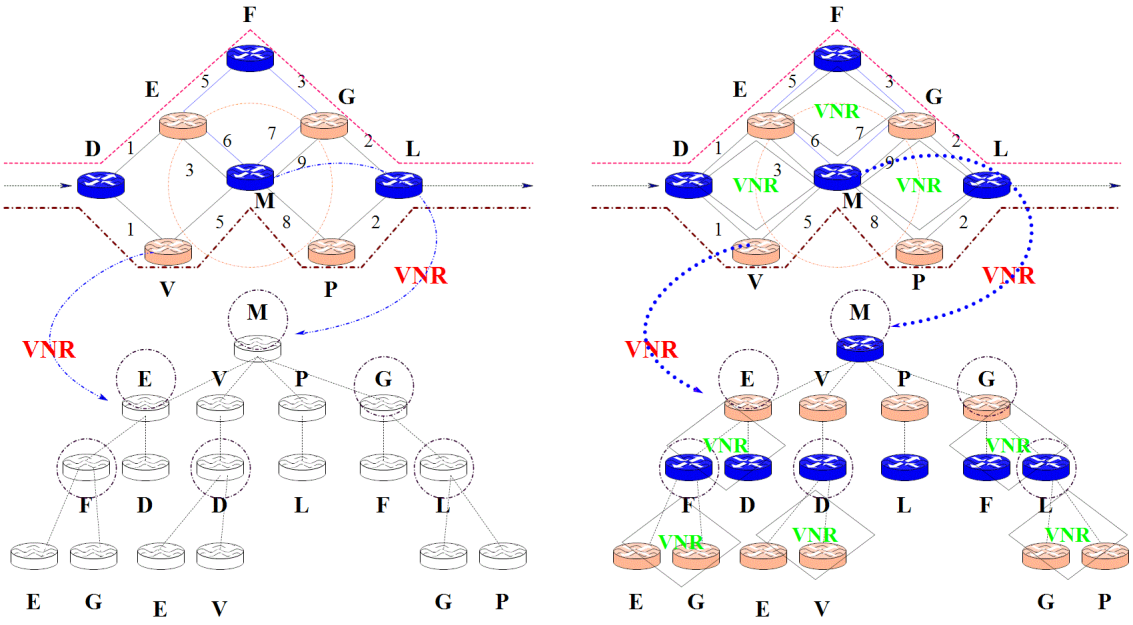
UNCTED P

$$Plink = y_i = \sum_l P_l r_{l_i} x_i \quad R_x \le c \quad (2)$$

سپس کنترل ازدحام به یک مجموعه جمعیت اولیه برای بهینه‌سازی توزیع‌شده تبدیل می‌شود. P_l احتمال از دست دادن یا تأخیر صف در پیوند l است. همان‌طور که در شکل(۵) مشاهده می‌شود؛ سوئیچ‌های پخش‌شده در حال ارسال اطلاعات هستند. با بررسی ازدحام می‌توان خوشه‌بندی مربوط به سوئیچ‌ها را انجام داد. با محاسبه سوددهی و بررسی همسایه‌های موجود در شبکه می‌توان مسیر مربوط به ازدحام را در نظر نگرفت. این خوشه‌های تشکیل‌شده به‌صورت سلسله‌مراتبی ارسال اطلاعات را از A به B را انجام می‌دهند(شکل۶). همان‌طور که در شکل نشان داده‌شده است؛ پس از بررسی سوددهی؛ گره M دارای بیشترین ازدحام می‌باشد، با رسم درخت و بسط دادن آن؛ مسیر بهینه داخلی بر اساس ۲ مسیر پیشنهاد می‌شود. در هر ۲ حالت به‌صورت بهینه از ازدحام دور می‌باشد. هزینه مربوط به مسیر DEFGL برابر ۱۱ و مسیر DVMPL برابر ۱۶ می‌باشد(شکل۶).



شکل ۵: ارسال اطلاعات بر اساس کاهش ازدحام



شکل۶ : سناریویی از ارسال بسته با قرار دادن VNR برای کاهش ازدحام

۳-۳-استفاده از مجازی‌سازی و مهاجرت سوئیچ‌ها باهدف کاهش ازدحام

شبکه‌ی زیرساخت با قرارگیری درخواست شبکه مجازی و اعمال گراف‌های وزن‌دار بدون جهت مدل شده‌اند که به‌صورت G(S, L) نشان داده می‌شود، درحالی‌که S مجموعه‌ی سوئیچ‌های زیرساخت و L مجموعه‌ی لینک-های زیرساخت را نشان می‌دهد. هر لینک زیرساخت luv یک لینک عضو مجموعه l می‌باشد که سوئیچ‌های زیر-ساخت u و v را به هم متصل می‌کند و دارای پهنای باند Buv خواهد بود. ظرفیت هر سوئیچ زیرساختی مانند u هم که عضو مجموعه سوئیچ‌های S می‌باشد با Mu نشان داده می‌شود. به‌طور مشابه، در شبکه‌ی مجازی تشکیل

PROOF

شده هم G'(S', L') توپولوژی شبکه‌ی مجازی را نشان می‌دهد که S' مجموعه‌ی سوئیچ‌های مجازی و L' مجموعه‌ی لینک‌های مجازی را نشان می‌دهد. هر لینک مجازی L'U'V' یک لینک عضو مجموعه L' می‌باشد که سوئیچ‌های زیرساخت U' و V' را به هم متصل می‌کند و دارای پهنای باند B'U'V' خواهد بود. ظرفیت هر سوئیچ زیرساختی مانند U' هم که عضو مجموعه سوئیچ‌های S' می‌باشد با M'U' نشان داده می‌شود. P_l'U'V' هم مسیر زیرساختی است که هر لینک مجازی به آن نگاشت می‌شود [۲۷]. درصورتی‌که بار شبکه زیاد باشد از مجازی‌سازی استفاده می‌شود و این عمل در کاهش بار و برقراری توازن بار کارا می‌باشد.

درزمانی که نیاز باشد از درخواست شبکه مجازی استفاده شود ابتدا سوددهی مربوط به لینک و گره‌های زیرساخت بررسی می‌شوند و سپس برای هر لینک مجازی L'U'V پارامتر Ru'v' بیان‌کننده‌ی میزان کل نگاشت لینک مجازی در نظر گرفته می‌شود. این نگاشت درخواست شبکه مجازی با برقراری حالت بهینه که توسط جریان‌های مجازی گذرنده از لینک مجازی و هم‌چنین مجموع کل منابع حافظه‌ی استفاده‌شده از سوئیچ‌های زیرساخت برای نوشتن آن قوانین جریان در جداول جریان موجود در سوئیچ‌ها می‌باشد تشکیل می‌گردد. معادله‌ی تعریف فوق به‌صورت زیر بیان می‌شود.

$$R_{u'v'} = \sum_{l_{uv} \in P_{l_{u'v'}}} (B_{u'v'}) * Profit + \sum_{u \in P_{l_{u'v'}}} (M_{u'v'}) * Plink \qquad (3)$$

- میزان منابع تخصیص نیافته شبکه‌ی زیرساخت : برای هر لینک مجازی پارامتر $A_{u'v'}$ که بیان‌کننده‌ی میزان کل منابع لینک و سوئیچ تخصیص نیافته در شبکه‌ی زیرساخت است، محاسبه‌شده تا با توجه به آن برای نگاشت‌های آتی، منابعی انتخاب شوند که بار کمتری دارند. این پارامتر از رابطه‌ی ذیل به‌دست‌آمده است.

$$A_{u'v'} = \sum_{l_{uv} \in P_{l_{u'v'}}} (B_{uv} - B_{u'v'}) + \sum_{u \in P_{l_{u'v'}}} (M_{uv} - M_{u'v'}) \qquad (4)$$

- وزن لینک‌های مجازی : با محاسبه‌ی پارامترهای بالا به‌راحتی می‌توان با کم کردن وزن کل منابع مصرفی از وزن کل منابع موجود، میزان بار را بر روی هر لینک مجازی محاسبه نمود که با پارامتر Wu'v' نمایش داده‌شده است. سپس با مرتب کردن وزن محاسبه‌شده‌ی لینک‌های مجازی به‌صورت نزولی، لینک با وزن بیشتر را برای کاهش بار تحمیلی به شبکه‌ی زیرساخت، در اولویت بازنگاشت قرارداد. ضرب شدن عدد سود مربوط به لینک و گره در معادله‌های ۳ تا ۵ در نظر گرفته‌شده است.

$$W_{u'v'} = (R_{u'v'} * Profit) * Plink - (A_{u'v'} * Profit) * Plink \qquad (5)$$

جدول۲ : پارامترهای استفاده‌شده برای محاسبه وزن هر لینک مجازی

پارامترها	توضیحات
$R_{u'v'}$	میزان منابع لینک و سوئیچ استفاده‌شده در شبکه‌ی زیرساخت
$A_{u'v'}$	میزان کل منابع لینک و سوئیچ تخصیص نیافته در شبکه‌ی زیرساخت
$W_{u'v'}$	وزن اختصاص داده‌شده به هر لینک مجازی

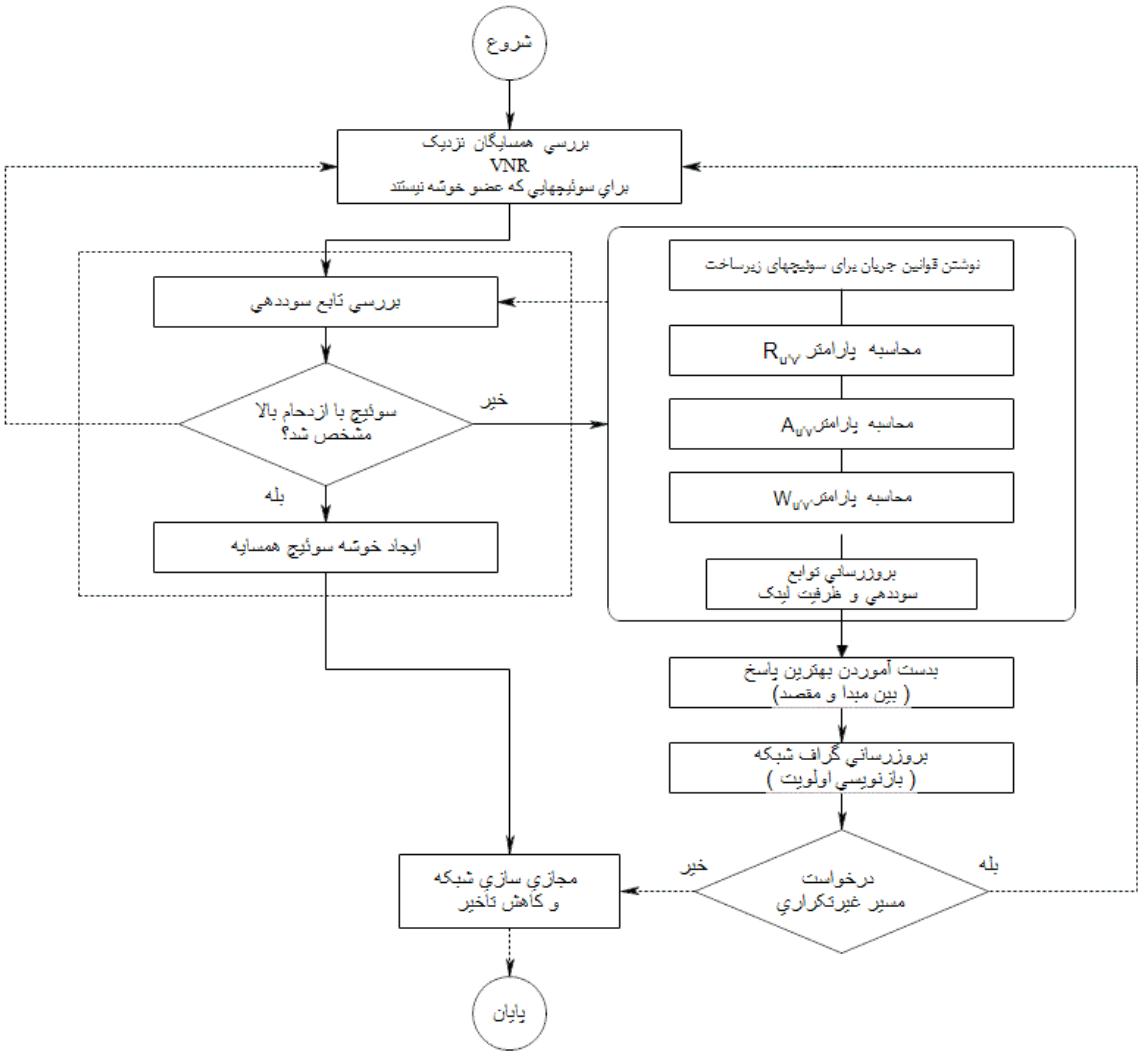
با انجام عملیات فوق توازن بار بهینه‌شده و درنتیجه باعث کنترل ازدحام و کاهش تأخیر در ارسال بسته‌ها خواهد شد.

۴-۳- الگوریتم پیشنهادی

درروش پیشنهادی فرآیند کنترل ازدحام در یک شبکه مبتنی بر نرم‌افزار با استفاده از مجازی‌سازی و مهاجرت سوئیچ انجام می‌شود. در این مدل سوئیچ‌ها بررسی می‌شوند و ساختار درخت شکل می‌گیرد. درخواست شبکه مجازی را روی آن‌ها اعمال می‌کنیم. سوددهی مربوط به لینک‌ها و گره‌های زیرساخت محاسبه می‌شود. طبق روابط (۳) و (۴) و (۵) محاسبه منابع تخصیص داده‌شده، منابع آزاد و وزن اختصاص داده‌شده به هر لینک صورت می‌گیرد. سپس بهترین پاسخ برای کاهش توازن بار با در نظر گرفتن بازنگاشت انتخاب می‌شود و با بررسی ازدحام ،کیفیت سرویس ، تأخیر و توان عملیاتی، الگوریتم پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

Algorithm1 : Congestion Control
Input: Network Topology
Output: Updated Network Graph
Begin
1. While (true)
2. Create network graph using network topology
3. If (received a request for a VNR)then
4. Create a packet for path request
5. Calculate $R_{u'v'}$ *using* (3)
6. Calculate $A_{u'v'}$ *using* (4)
7. Calculate $W_{u'v'}$ *using* (5)
8. Check load balancing
9. Select resources and switches to create VNR
10. Create VNR and solve the congestion problem
11. Update Network Graph
12. Else
13. Update network Graph
14.End while
End

UNCORRECTED PROOF



شکل ۷: فلوچارت پیشنهادی

۴- پیاده‌سازی و ارزیابی

۴-۱- پیاده‌سازی

در این تحقیق برای شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی از NS2 نسخه ۲.۳۵ و کنترل‌کننده Floodlight که با افزودن ماژول HyGenICC[1] به NS2 استفاده از کتابخانه‌های شبکه‌های نرم‌افزارمحور و شبیه‌ساز Mininet را امکان‌پذیر می‌سازد استفاده‌شده است. سرعت لینک بین تمام سوئیچ‌ها (SoL) 1.52 GB/S در نظر گرفته‌شده و mRTT (حداقل زمان رفت‌وبرگشت) در زمان اعمال پروتکل TCP روی شبکه برابر ۱۰۰ میلی‌ثانیه می‌باشد. تعداد بسته‌های ارسال‌شده ۱۰۰ عدد در نظر گرفته‌شده و PLS[2] بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ بایت متغیر است.

نگاشت گره‌های شبکه مجازی توسط یک رویکرد حریصانه و MVL در زیرساخت Links Multi Commodity Flow و بدون تقسیم مسیر پیوند پیاده‌سازی شده است.

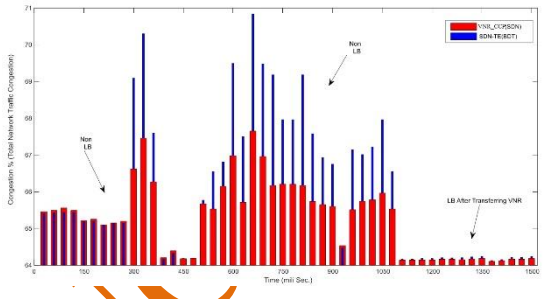
[1] Hypervisor-based Generic IP Congestion Control
[2] Pay Load Size

تعداد سوئیچ‌های شبکه نرم‌افزارمحور به‌طور پیش‌فرض ۱۴ عدد و زمان شبیه‌سازی نیز ۳۰ ثانیه در نظر گرفته‌شده است. ظرفیت حافظه سوئیچ‌ها و پهنای باند اختصاص داده‌شده به لینک‌ها به‌طور مساوی بین ۱۰۰ و ۲۵۰ واحد توزیع‌شده است. محاسبه پارامترهای لازم برای بررسی شرایط اولیه نگاشت درخواست شبکه مجازی روی شبکه باید صورت پذیرد تا چنانچه شرایط مهیا بود ساختار سوئیچ‌ها با درخواست شبکه مجازی جهت انجام مهاجرت ساخته شود. اولویت‌هایی برای درخواستهای شبکه مجازی در نظر گرفته‌شده و با ۱ تا ۵ نشان داده‌شده‌اند. در اولویت ۴ به بالا باید مهاجرت انجام شود یعنی حداقل باید اولویت ۴ را برای مهاجرت به دست آورند. برای این کار یک حالت انتظار داریم که صبر می‌کنیم تا ببینیم شرایط درخواست شبکه مجازی برای نگاشت وجود دارد یا نه بعد نگاشت را انجام می‌دهیم. همچنین حداکثر تعداد درخواست شبکه مجازی در اینجا ۱۵۰۰ درخواست در نظر گرفته‌شده است.

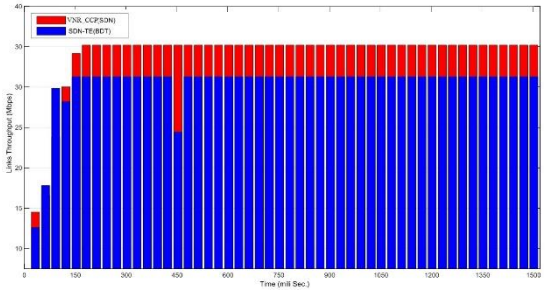
۲-۴- ارزیابی

نتایج به‌دست‌آمده از روش پیشنهادی با روش مقاله [۲۶] (روش TE(BDT)) که از روش سلسله‌مراتبی برای سوئیچ‌ها استفاده کرده و مشابه روش پیشنهادی می باشد مقایسه شده است. با توجه به آمار شمارنده‌های تعریف‌شده توسط پروتکل OpenFlow و شکستن داده‌های بزرگ به ریزداده‌ها برای مدیریت ترافیک و بهبود پارامترهای مؤثر در کنترل ترافیک، مقایسه روش پیشنهادی با روش مذکور انجام گرفته است.

در شکل (۸) ازدحام به ازای گذر زمان بررسی‌شده است. با اعمال الگوریتم پیشنهادی و درخواست شبکه مجازیمناسب، روش ما ازدحام کمتری نسبت به مقاله پایه درزمانی که هنوز توازن بار برقرار نشده دارد و وقتی توازن بار برقرار شد هر دو روش تقریباً مشابه هم عمل می‌کنند و تفاوت در حد چند دهم درصد می‌باشد. در مقایسه توان عملیاتی لینک‌ها (میزان ارسال موفقیت‌آمیز بسته‌ها نسبت به زمان برحسب BpS) در شکل (۹) هر دو روش توان عملیاتی قابل قبولی دارند ولی روش پیشنهادی حدود ۴.۱۳٪ نسبت به مقاله پایه بهبود ایجاد کرده است. در زمان شروع و همچنین در زمان ۴۵۰ میلی‌ثانیه که اختلاف زیادی بین دو روش مشاهده می‌شود احتمالاً براثر همگام‌سازی‌ها می‌باشد تا اینکه به الگوریتم‌های پیشنهادی روش‌ها مربوط باشد. در مقایسه تأخیر شبکه با افزایش تعداد سوئیچ‌ها در هر دو روش تأخیر کمتر می‌شود که تأخیر مناسبی است ولی درروش پیشنهادی همان‌طور که در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود تأخیر کمتری وجود دارد. تأخیر موردنظر به‌طور میانگین محاسبه‌شده که هم مربوط به قبل از برقراری توازن بار است و هم بعد از برقراری توازن بار. میانگین هزینه شبکه بر اساس تعداد درخواست‌ها درروش پیشنهادی دارای بهبود قابل‌توجهی نسبت به روش TE(BDT) می‌باشد (شکل (۱۱)) که آن‌هم به دلیل انجام مهاجرت بهینه سوئیچ‌ها و استفاده مناسب از منابع است. درنهایت با مقایسه نرخ پذیرش درخواست‌ها در شکل (۱۲) مشاهده می‌شود که تقریباً دو روش مشابه یکدیگر می‌باشد. درجایی که هنوز درخواست شبکه مجازی کاملاً شکل نگرفته مقاله پایه بهتر عمل میکند ولی زمانی که درخواست شبکه مجازی شکل گرفت و توازن بار برقرار شد، روش پیشنهادی عملکرد نسبتاً بهتری خواهد داشت.

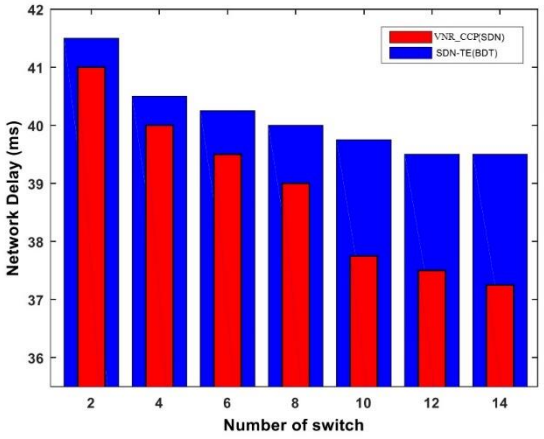


شکل ۸: ارزیابی درصد ازدحام در شبکه

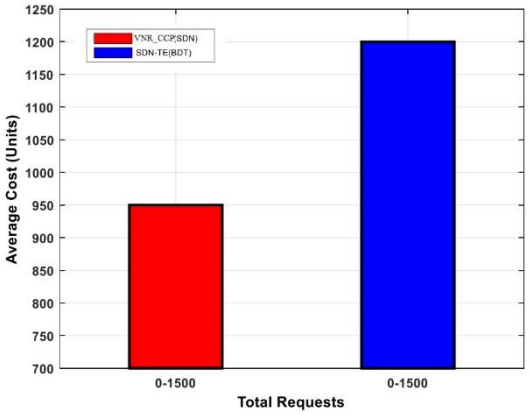


شکل ۹: مقایسه توان عملیاتی لینک‌ها

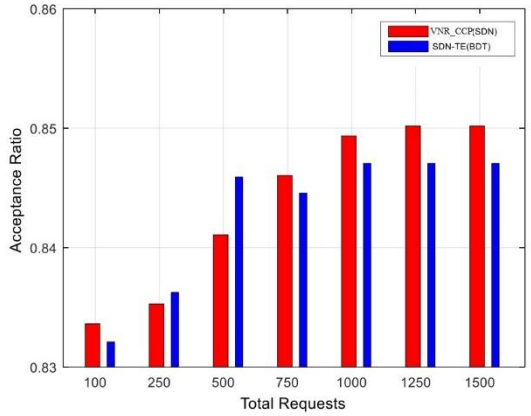
UNCORRECTED PROOF



شکل ۱۰: نتایج ارزیابی تأخیر شبکه



شکل ۱۱: میانگین هزینه شبکه



شکل ۱۲: نتایج ارزیابی نرخ پذیرش

۵- نتیجه‌گیری

جداسازی لایه کنترل از لایه داده در شبکه‌های نرم‌افزارمحور و اطلاع کنترل‌کننده از وضعیت شبکه تحت نظارت خود باعث شده تا بتوان با توسعه کنترل‌کننده و افزودن الگوریتم‌های موردنیاز به آن به مدیریت بهتر شبکه و جلوگیری از بروز مشکلاتی مانند ازدحام، تأخیر، به هدر رفتن منابع و غیره کمک کرد. در این مقاله با ارائه الگوریتمی برای محاسبه سوددهی لینک‌ها و گره‌های شبکه و با استفاده از تکنیک درخواست شبکه مجازی و مهاجرت سوئیچ‌ها به مسئله کنترل ازدحام در شبکه پرداخته و نتایج نشان‌دهنده کارایی روش پیشنهادی در کاهش ازدحام و بهبود پارامترهای مؤثر در کنترل ازدحام نظیر تأخیر و توان عملیاتی و میانگین هزینه‌های شبکه دارد. برای ادامه این تحقیق، نویسندگان قصد دارند با توسعه شبکه موردبررسی از شبکه‌ای با یک کنترل‌کننده به یک شبکه چند کنترل‌کننده به ارزیابی کارآیی الگوریتم پیشنهادی خود در آن بپردازند.

مراجع

[1] M. Parsaei, S. Khalilian, R. J.-I. A. J. of, and undefined 2014, “A comparative study on fault tolerance methods in IP networks versus software defined networks,” *iaiest.com*, Accessed: Aug. 18, 2021. [Online]. Available: http://iaiest.com/abstract.php?id=7&archiveid=1040.

[2] S. Rowshanrad, V. Abdi, and M. Keshtgari, “Performance evaluation of sdn controllers: Floodlight and OpenDaylight,” *IIUM Eng. J.*, vol. 17, no. 2, 2016, doi: 10.31436/iiumej.v17i2.615.

[3] I. F. Akyildiz, A. Lee, P. Wang, M. Luo, and W. Chou, “A roadmap for traffic engineering in SDN-OpenFlow networks,” *Comput. Networks*, vol. 71, pp. 1–30, Oct. 2014, doi: 10.1016/J.COMNET.2014.06.002.

[4] Z. Guo, W. Chen, Y. F. Liu, Y. Xu, and Z. L. Zhang, “Joint Switch Upgrade and Controller Deployment in Hybrid Software-Defined Networks,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 37, no. 5, 2019, doi: 10.1109/JSAC.2019.2906743.

[5] A. Hodaei and S. Babaie, “A Survey on Traffic Management in Software-Defined Networks: Challenges, Effective Approaches, and Potential Measures,” *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 118, no. 2, pp. 1507–1534, May 2021, doi: 10.1007/S11277-021-08100-3.

[6] C. Y. Chu, K. Xi, M. Luo, and H. J. Chao, “Congestion-aware single link failure recovery in hybrid SDN networks,” in *Proceedings - IEEE*

UNCORRECTED

Comput., vol. 2018, 2018, doi: 10.1155/2018/9821946.

[17] M. M. Tajiki *et al.*, "CECT: computationally efficient congestion-avoidance and traffic engineering in software-defined cloud data centers," *Cluster Comput.*, vol. 21, no. 4, pp. 1881–1897, 2018, doi: 10.1007/s10586-018-2815-6.

[18] J. Zhao, M. Tong, H. Qu, and J. Zhao, "An intelligent congestion control method in software defined networks," *2019 IEEE 11th Int. Conf. Commun. Softw. Networks, ICCSN 2019*, pp. 51–56, 2019, doi: 10.1109/ICCSN.2019.8905364.

[19] K. Lei, Y. Liang, and W. Li, "Congestion control in SDN-based networks via multi-task deep reinforcement learning," *IEEE Netw.*, vol. 34, no. 4, pp. 28–34, 2020, doi: 10.1109/MNET.011.1900408.

[20] Y. J. Chen, L. C. Wang, M. C. Chen, P. M. Huang, and P. J. Chung, "SDN-Enabled traffic-aware load balancing for M2M networks," *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 3, pp. 1797–1806, 2018, doi: 10.1109/JIOT.2018.2812718.

[21] M. L. Chiang, H. S. Cheng, H. Y. Liu, and C. Y. Chiang, "SDN-based server clusters with dynamic load balancing and performance improvement," *Cluster Comput.*, vol. 24, no. 1, pp. 537–558, 2021, doi: 10.1007/s10586-020-03135-w.

[22] J. Zhang, M. Ye, Z. Guo, C. Y. Yen, and H. J. Chao, "CFR-RL: Traffic Engineering with Reinforcement Learning in SDN," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 38, no. 10, pp. 2249–2259, 2020, doi: 10.1109/JSAC.2020.3000371.

[23] Soud, N. S., & Al-Jamali, N. A. S. (2023). Intelligent Congestion Control of 5G Traffic in SDN using Dual-Spike Neural Network. *Journal of Engineering*, *29*(1), 110–127. https://doi.org/10.31026/j.eng.2023.01.07.

[24] Bhardwaj, S., & Girdhar, A. (2023). Network Traffic Analysis in Software-Defined Networking Using RYU Controller. *Wireless Personal Communications*. Doi: 10.1007/s11277-023-10680-1.

[25] da Silva de Oliveira, F., Pillon, M. A., Miers, C. C., & Koslovski, G. P. (2023). Identifying Network Congestion on SDN-Based Data Centers with Supervised Classification. In L. Barolli (Ed.), *Advanced Information Networking and Applications* (pp. 222–234). Springer International Publishing.

[26] W. Queiroz, M. A. M. Capretz, and M. Dantas, *INFOCOM*, 2015, vol. 26, doi: 10.1109/INFOCOM.2015.7218482.

[7] R. Kanagevlu and K. M. M. Aung, "SDN controlled local re-routing to reduce congestion in cloud data center," 2016, doi: 10.1109/ICCCRI.2015.27.

[8] Y. Lu and S. Zhu, "SDN-based TCP congestion control in data center networks," 2016, doi: 10.1109/PCCC.2015.7410275.

[9] M. R. Celenlioglu, M. Alsadi, and H. A. Mantar, "Design, implementation and evaluation of SDN-based resource management model," 2015, doi: 10.1109/NTMS.2015.7266484.

[10] S. mei Zhang and A. K. Sangaiah, "Reliable design for virtual network requests with location constraints in edge-of-things computing," *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2018, no. 1, 2018, doi: 10.1186/s13638-018-1075-8.

[11] S. Song, J. Lee, K. Son, H. Jung, and J. Lee, "A congestion avoidance algorithm in SDN environment," *Int. Conf. Inf. Netw.*, vol. 2016-March, pp. 420–423, 2016, doi: 10.1109/ICOIN.2016.7427148.

[12] T. Zhu *et al.*, "A congestion-aware and robust multicast protocol in SDN-based data center networks," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 95, no. January, pp. 105–117, 2017, doi: 10.1016/j.jnca.2017.07.013.

[13] Y. Hu, T. Peng, and L. Zhang, "Software-Defined Congestion Control Algorithm for IP Networks," *Sci. Program.*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/3579540.

[14] M. Z. A. Rahman, N. Yaakob, A. Amir, R. Ahmad, S. K. Yoon, and A. H. Abd Halim, "Performance Analysis of Congestion Control Mechanism in Software Defined Network (SDN)," *MATEC Web Conf.*, vol. 140, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1051/matecconf/201714001033.

[15] S. Y. Wang, L. M. Chen, S. K. Lin, and L. C. Tseng, "Using SDN congestion controls to ensure zero packet loss in storage area networks," *Proc. IM 2017 - 2017 IFIP/IEEE Int. Symp. Integr. Netw. Serv. Manag.*, pp. 490–496, 2017, doi: 10.23919/INM.2017.7987317.

[16] D. Shen, W. Yan, Y. Peng, Y. Fu, and Q. Deng, "Congestion Control and Traffic Scheduling for Collaborative Crowdsourcing in SDN Enabled Mobile Wireless Networks," *Wirel. Commun. Mob.*

UNCORRECTED PROOF

a Software-Based Network," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 106, no. 2, pp. 505–519, 2019, doi: 10.1007/s11277-019-06176-6.

"An approach for SDN traffic monitoring based on big data techniques," *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 131, no. January, pp. 28–39, 2019, doi: 10.1016/j.jnca.2019.01.016.

[27] A.Javadpour, "Improving Resources Management in Network Virtualization by Utilizing

UNCORRECTED PROOF

VNR_CCP: A new approach to Congestion Control using Virtualization technique and Switch Migration in SDN

MohammadReza Jenabzadeh[1], **Vahid Ayatollahitafti**[2,*], **MohammadReza Mollakhalili Maybodi**[3], **MohammadReza Mollahoseini Ardakani**[4]

1. Department of Computer Engineering, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran
2. Department of Computer Engineering, Taft Branch, Islamic Azad University, Taft, Iran
3. Department of Computer Engineering, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran
4. Department of Computer Engineering, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran

*****Corresponding Author: Vahid Ayatollahitafti

ARTICLE INFO

Keywords:
. SDN
. Congestion Control
. Load Balancing
. VNR
. OpenFlow

ABSTRACT

By separating the data layer from the control layer in the software defined network and the possibility of centralized and programmable management, many limitations and common problems in traditional networks can be solved or improved. One of the existing problems in these networks is the issue of congestion and its control. In software defined networks, the use of information under the supervision of domain controllers and the collection of network statistics can be useful in controlling or preventing congestion. When an SDN switch node is subjected to many requests, the network becomes congested, and to solve this problem, the controller can use network virtualization and switch migration, taking into account the free resources available in the switches and links. In this paper, a software-based network approach for congestion control and optimal resource management called VNR_CCP is presented. In this approach, an attempt has been made to control congestion by calculating the nodes and links profit to search for congestion and request the virtual network to reduce the existing load and manage resources. The result of the simulation using the NS2 simulator shows that the proposed approach has better performance compared to the similar method. It was concluded that the throughput has increased by 4.3%, the delay has decreased by 5.3%, and the average cost has decreased by 26% compared to the similar method.

UNCORRECTED PROOF